

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 06331850  
PUBLICATION DATE : 02-12-94

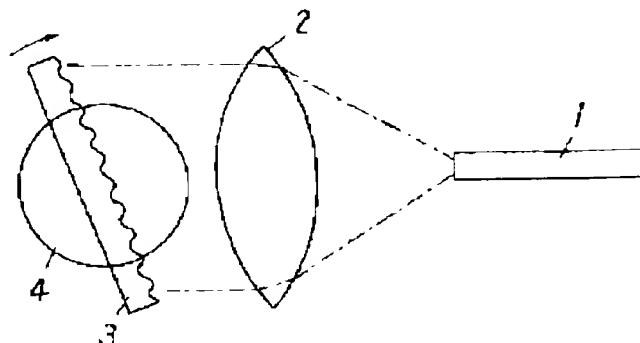
APPLICATION DATE : 25-05-93  
APPLICATION NUMBER : 05122514

APPLICANT : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD;

INVENTOR : IIDA MASANORI;

INT.CL. : G02B 6/28 G02B 5/18

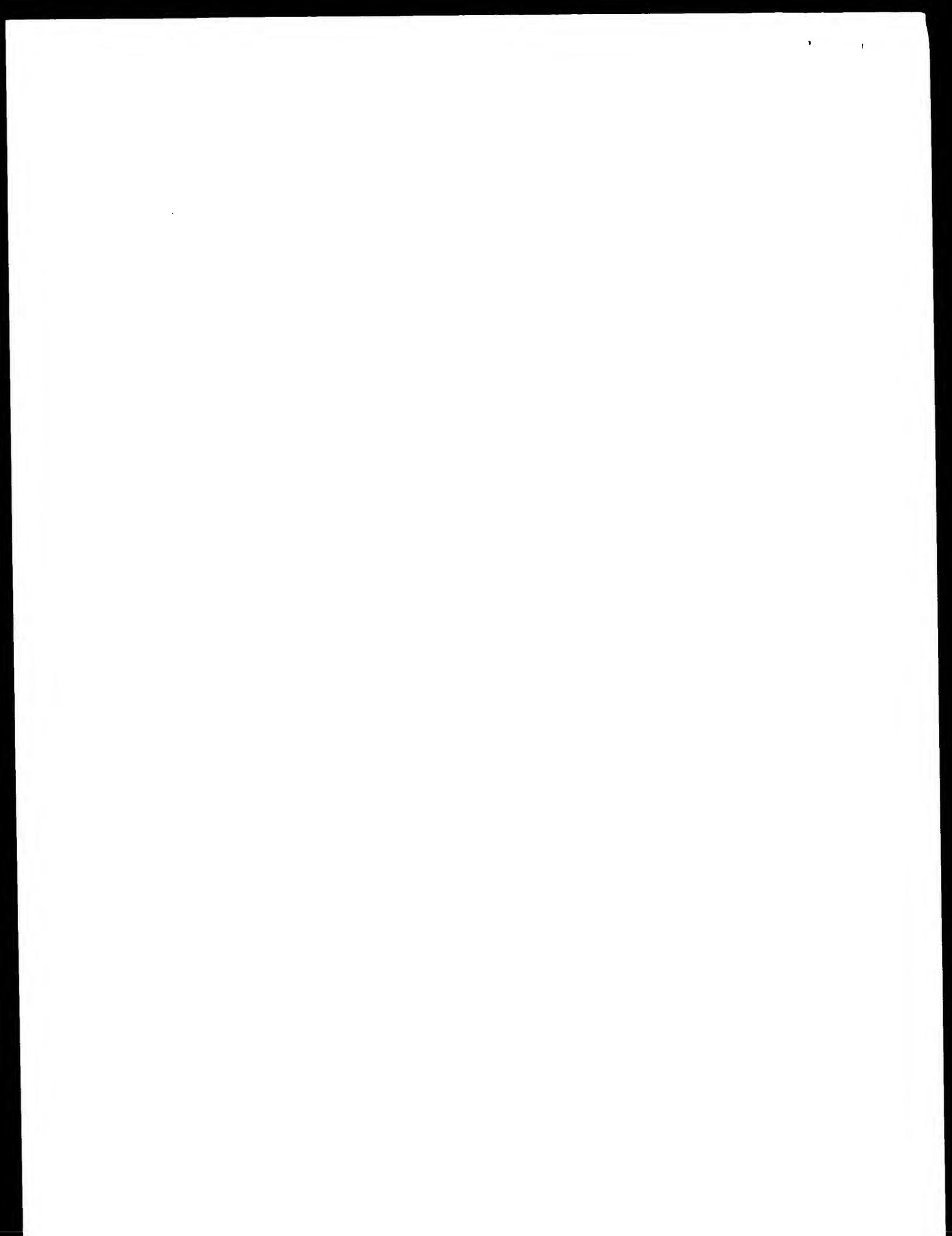
TITLE : OPTICAL FILTER AND DIFFRACTION ELEMENT USED THEREFOR



ABSTRACT : PURPOSE: To suppress the selected center wavelength shift of a filter itself due to the variance of the ambient temperature with respect to the filter using a diffraction grating.

CONSTITUTION: A diffraction grating 3 is rotated in the direction of an arrow in accordance with the rise of the ambient temperature by a temperature compensating mechanism part 4 arranged in the diffraction grating 3. When the temperature rises by  $\delta T$ , the angle of rotation of the temperature compensating mechanism part 4 is changed by  $\delta\theta$  to cancel the shift of the selected center wavelength to the longer wavelength side due to the rise of the temperature, and the angle of incidence from an input/output fiber 1 to the diffraction grating 3 through a lens 2 is reduced, and the selected center wavelength of light which is subjected to wavelength dispersion and is coupled to the input/output fiber 1 through the lens 2 again is  $\lambda_0$  independently of the rise of the temperature.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-331850

(43)公開日 平成6年(1994)12月2日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

G 0 2 B 6/28  
5/18

識別記号 庁内整理番号

D 8707-2K  
9018-2K

F 1

技術表示箇所

(21)出願番号

特願平5-122514

(22)出願日

平成5年(1993)5月25日

審査請求 未請求 請求項の数16 O.L (全 7 頁)

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社  
大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 飯田 正憲

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(74)代理人 弁理士 小鍛治 明 (外2名)

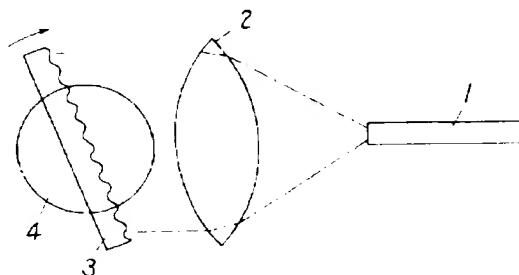
(54)【発明の名称】 光フィルタおよび光フィルタに用いる回折素子

(57)【要約】

【目的】 回折格子を用いたフィルタにおいて、周開温度変動によるフィルタ自体の選択中心波長シフトを抑制する。

【構成】 周囲の温度の上昇によって回折格子3に配置されている温度補償機構部4により回折格子3を矢印の方向に回転する様な動作をする。  $\delta T$  の温度上昇により温度補償機構部4での回転角は、温度上昇により生じる選択中心波長の長波長側へのシフトを相殺するよう  $\delta \theta$  だけ変化し、入出力ファイバ1からレンズ2を介して回折格子3に入射する角度を小さくして、波長分散されて再びレンズ2を介して入出力ファイバ1に結合する光の選択中心波長は温度上昇によらず  $\theta_0$  となる。

1 入出力ファイバ  
2 レンズ  
3 回折格子  
4 溫度補償機構



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】回折格子とレンズと1本の入力ファイバと1本の受光ファイバで構成され、前記1本の入力ファイバからの光が前記レンズを介して前記回折格子で波長分散を受け、再び前記レンズを介して前記1本の受光ファイバに所望の波長域の光が結合するような系において、前記回折格子に温度変動により回転角度が変化する機構部を配置し、前記機構部は温度が上昇した場合に前記回折格子を光の入射する角度が小さくなる方向に相対的に回転することを特徴とする光フィルタ。

【請求項2】回折格子にフーリエ回折格子を用いることを特徴とする請求項1記載の光フィルタ。

【請求項3】回折格子と、レンズと1本の入力ファイバと1本の受光ファイバで構成される光入出力部とで成り、前記1本の入力ファイバからの光が前記レンズを介して前記回折格子に所定の入射角で入射し、前記回折格子で波長分散を受け、再び前記レンズを介して前記1本の受光ファイバに所望の波長域の光が結合するような系において、前記光入出力部に温度変動により前記回折格子への入射角を変化する機構部を配置し、前記機構部は温度が上昇した場合に前記回折格子に光の入射する角度が小さくなる方向に光入出力部を移動させることを特徴とする光フィルタ。

【請求項4】回折格子にフーリエ回折格子を用いることを特徴とする請求項3記載の光フィルタ。

【請求項5】請求項1記載の回転角度を変化させる機構として、回折格子の裏面ないしは表面の格子溝方向に垂直な面上に、前記回折格子を支持する少なくとも2つ以上の素材が同じで長さが異なる支持部分を設けることを特徴とする光フィルタ。

【請求項6】請求項1記載の回転角度を変化させる機構として、回折格子の一端を固定し、他端の前記回折格子の格子溝方向に垂直な面上に、前記回折格子を支持する支持部分を設けることを特徴とする光フィルタ。

【請求項7】請求項1記載の回転角度を変化させる機構として、回折格子の裏面ないしは表面の格子溝方向に垂直な面上に、前記回折格子を支持する線膨張係数が異なる少なくとも2つ以上の支持部分を設けることを特徴とする光フィルタ。

【請求項8】請求項3記載の光入出力部を移動させる機構として、回折格子の格子溝方向に垂直な面上に光入出力部を支持する2つ以上の素材の等しい支持部分を離して対向させることを特徴とする光フィルタ。

【請求項9】請求項3記載の回転角度を変化させる機構として、光入出力部の光入出力端から離れた一端を固定し、前記光入出力部の前記光入出力端側の回折格子の格子溝方向に垂直な面上に、前記光入出力部を支持する支持部分を設けることを特徴とする光フィルタ。

【請求項10】請求項3記載の光入出力部を移動させる機構として、回折格子の格子溝方向に垂直な面上に光入

出力部を支持する線膨張係数が異なる2つの支持部分を設けることを特徴とする光フィルタ。

【請求項11】線膨張係数が $3.0 \times 10^{-6} \text{ °C}^{-1}$ 以下の基板の上に周期的な凹凸形状を有する格子層を設けたことを特徴とする光フィルタに用いる回折素子。

【請求項12】請求項11記載の格子層の厚さが基板の厚さの1/500以下であることを特徴とする光フィルタに用いる回折素子。

【請求項13】請求項11記載の格子層の凹凸面形状を有した面に反射膜を設けることを特徴とする光フィルタに用いる回折素子。

【請求項14】請求項11記載の格子層は感光性樹脂層であることを特徴とする光フィルタに用いる回折素子。

【請求項15】請求項11記載の格子層に刻印された凹凸形状がフーリエ形状であることを特徴とする光フィルタに用いる回折素子。

【請求項16】回折格子とレンズと1本の入力ファイバと1本の受光ファイバで構成され、前記1本の入力ファイバからの光が前記レンズを介して前記回折格子で波長分散を受け、再び前記レンズを介して前記1本の受光ファイバに所望の波長域の光が結合するような系において、前記回折格子に請求項11記載の光フィルタに用いる回折素子を用いることを特徴とする光フィルタ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は波長多重光通信システムの受信端や光增幅回路などに用いる光フィルタ及び光フィルタに用いる回折素子に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】近年、光フィルタは波長多重光通信システムにおいて多重された光の中から所望の光を選択するデバイスとして、また光增幅器で構成される伝送路での雑音除去デバイスとして、様々な形態が提案され検討されている。特に回折格子を用いた光フィルタは広帯域で、かつ側波帯阻止特性のよい波長選択が可能である。

【0003】このような用途の場合には光フィルタは受動モジュールとして他の光デバイス及び電気デバイスとともにユニット内に実装されて使用されることとなり、ユニット内の温度分布変化によりデバイスの特性に影響を与える可能性がある。

【0004】図1に従来の光フィルタの構成図を示す。図1において11は入出力ファイバであり、図のように1本で入出力を兼ね備えても良いし、紙面に対して垂直な方向に入力ファイバと出力ファイバを各々配置してもよい。その場合でも図面上では2本のファイバが重なることになり、表現上同等となるので本実施例では前者の入出力ファイバ11として説明する。以後の図面においても同様な扱いとする。

【0005】入出力ファイバ11からの光はレンズ21を介して平行光となり回折格子31へ入射し、波長分散

を受ける。波長分散光のうち所望の波長域の光が再びレンズ21を介して入出力ファイバ11へ結合し波長選択される。図1の構成で選択される波長 $\lambda_0$ は、回折格子31の格子間隔を $\Lambda$ 、回折格子31への入射角を $\theta_0$ と\*

$$2\Lambda \cdot \sin \theta_0 = n \cdot$$

【0007】をみたしている。この構成で送信されてきた光源の発振波長の温度ドリフトを補償する機構を有した光フィルタが提案されており、温度上昇により発振波長が長波長側へドリフトする量を機械的に補償する機構を備えているものが提案されている（例えば特開昭58-370

$$2\Lambda \cdot \sin (\theta_0 + \Delta\theta) = n \cdot$$

【0010】を満たすように角度 $\Delta\theta$ だけ回転し、入出力ファイバ11から回折格子31への入射角を大きくするように働くものである。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら従来例では、図11の構成で固定してモジュール化した際、周囲空気温度が上昇すると回折格子が熱膨張を起こし、格子間隔が変化する。温度変動 $\delta T$ による格子間隔の変化量 $\delta\Lambda$ は回折格子の等価熱膨張係数 $\alpha$ を用いて、

【0012】

【数3】

$$\delta\Lambda = \alpha \cdot \Lambda \cdot \delta T$$

【0013】と表せ、光フィルタの選択中心波長波長は波長変動を $\delta\lambda$ として、

【0014】

【数4】

$$\delta\lambda = 2 \cdot \delta\Lambda \cdot \sin \theta_0 L / n$$

【0015】と表されるようにフィルタ自体の選択中心波長が長波長側へシフトしてしまう問題点を有している。図12に波長シフトの概念図を示す。モジュール構築時のフィルター特性曲線を201とすれば温度上昇によって選択中心波長は長波長側へ $\delta\lambda$ だけシフトして特性曲線202となり、その結果波長 $\lambda_0$ の透過強度は図で $\delta 1$ 減少してしまう。これは温度が下降した場合でも同様の現象となる。例えばガラス基板製の回折格子を用いた場合、熱膨張係数は $9 \times 10^{-6}$ 程度であることから $1.3 \mu\text{m}$ 帯で、格子間隔 $1.3 \mu\text{m}$ の回折格子を想定すると、30度温度変化すると約 $0.35 \text{ nm}$ 変化してしまう、通過帯域 $1 \text{ nm}$ 以内の狭窄域フィルタにおいては過剰損失の増大を招くこととなる。

【0016】さらに送信光源の発振波長ドリフトを補償する従来例の光フィルタは、その周囲の温度変動が必ずしも送信側の温度変動と一致していないために、上述したフィルタ自体の持つ温度特性の影響が加算されてしまうことになる。

$$2 \cdot (\Lambda + \delta\Lambda) \cdot \sin (\theta_0 L - \delta\theta) = n \cdot \lambda_0$$

【0025】を満たし選択中心波長が一定となる。回折素子は熱膨張係数が小さいため（数2）の $\delta\Lambda$ が小さくなりその結果、この回折素子を光フィルタに用いた場

\*すれば、

【0006】

【数1】

$$\lambda_0 \quad (n \text{ は整数})$$

※-9119号公報）。

【0008】この場合は発振波長が温度上昇と共に長波長側へシフトしていく分 $\Delta\lambda$ を補償するため、

【0009】

【数2】

$$= n \cdot (\lambda_0 + \Delta\lambda)$$

★【0017】また最近の技術進歩により光源の発振波長安定度は発光素子自体を温度制御して発振波長ドリフトを $0.1 \text{ nm}$ 以内とすることができるため送信される波長のゆらぎを考慮する必要性が少なくなってきた。

【0018】加えて、光フィルタに用いる回折素子は基板上に凹凸形状を有した高分子樹脂の格子層で構成されており、格子層の温度変動による格子間隔の変動が高分子樹脂層の持つ大きい熱膨張係数（ $10^{-5} \sim 10^{-4}$ のオーダー）により、光フィルタを構成した場合に選択中心波長シフトを大きくさせる要因となっていた。

【0019】本発明は上記問題点に鑑み、フィルタ構成に起因する周囲温度変化に対する選択中心波長のシフトを相殺あるいは非常に低減する機構及び構成を有する光フィルタ並びに回折素子を提供するものである。

【0020】

【課題を解決するための手段】上記問題点を解決するために本発明の光フィルタは、回折格子を用いた光学的なフィルタ構成において回折格子に温度変動により回転角度が変化する機構部を配置する。あるいはレンズ及び入出力ファイバで構成される光入出力部が温度変動により回折格子への入射角を変化する機構を有するようにする。

【0021】そして温度が上昇した場合に上述した機構が回折格子に光が入射する角度が小さくなる方向に回転または移動するような構成とする。

【0022】また、光フィルタに用いる回折素子として熱膨張係数の小さい基板上に回折格子を形成したものを適用する。

【0023】

【作用】本発明は上記した構成によって、温度上昇での選択中心波長の長波長側へのシフト分を回折格子の入射角を $\delta\theta$ だけ小さくするようにして、

【0024】

【数5】

$$2 \cdot (\Lambda + \delta\Lambda) \cdot \sin (\theta_0 L - \delta\theta) = n \cdot \lambda_0$$

合、選択中心波長シフト量 $\delta\lambda$ 自体が小さくなる。

【0026】これは従来例での回折格子の設定傾き角度50の補正の方向とはまったく逆の方向での温度補償とな

る。

【0027】

【実施例】以下本発明の実施例の光フィルタについて、図面を参照しながら説明する。

【0028】図1は本発明の第1の実施例における光フィルタの基本構成図を示すものである。図1において1は入出力ファイバ、2はレンズ、3は回折格子、4は温度補償機構部である。

【0029】入出力ファイバ1からの光の振舞いは図2と同様であるが、周囲の温度の上昇によって回折格子3に配置されている温度補償機構部4により回折格子3を矢印の方向に回転する様な動作をする。 $\delta T$ の温度上昇により温度補償機構部4での回転角は(数5)をみたす $\delta\theta$ だけ変化し、入出力ファイバ1からレンズ2を介して回折格子3に入射する角度を小さくして、波長分散されて再びレンズ2を介して入出力ファイバ1に結合する光の選択中心波長は温度上昇によらず $\lambda_0$ となる。周囲の温度が降下した場合には温度補償機構部4により入出力ファイバ1から回折格子3への入射角が大きくなるように、即ち回折格子3を図1の矢印とは逆の方向に回転するよう作用することとなる。

【0030】従って、温度補償機構を回折格子側に設けることにより、温度変動により生じる選択中心波長のシフトを相殺し安定なモジュールとすることができます。

【0031】図2は本発明の第2の実施例の光フィルタの基本構成図を示したものである。図1の実施例と異なる点は温度補償機構部6が入出力ファイバ1及びレンズ2で構成される光入出力部5に配置されていることである。

【0032】入出力ファイバ1からの光の振舞いは図1と同様であるが、周囲の温度の上昇によって光入出力部5を矢印の方向に回転する様な移動動作をする。移動動作により光入出力部6から回折格子3への光の入射角は $\delta T$ の温度上昇により(数5)をみたす $\delta\theta$ だけ変化し、入射する角度を小さくして選択中心波長は温度上昇によらず $\lambda_0$ となる。周囲の温度が降下した場合には温度補償機構部6により入出力部5から回折格子3への入射角が大きくなるように、即ち回折格子3を図2の矢印とは逆の方向に回転するよう作用することとなる。

【0033】従って、温度補償機構を光入出力部側に設けることにより、温度変動により生じる選択中心波長の\*

$$\delta\phi = (\sigma_1 \cdot L_1 - \sigma_2 \cdot L_2) \cdot \delta T / X$$

【0042】と表され、温度補償の設計の自由度が増すこととなる。次に図6は第2の実施例の光フィルタの温度補償機構部6の具体的な構成例を示したものである。図6で22はレンズ、51は光入出力部、86、87は固定部、75、76は支持部、9は基台であり、その他の構成部品は図2と同様である。支持部75、76の材質は同じであり線膨張係数 $\alpha$ を有している。また支

\*シフトを相殺し安定なモジュールとすることができます。

【0034】図3は第1の実施例の光フィルタの温度補償機構部4の具体的な構成例を示したものである。図3で81、82は固定部、71、72は支持部、9は基台であり、その他の構成部品は図1と同様である。支持部71、72の材質は同じであり線膨張係数 $\alpha$ を有している。なお基台9による熱膨張は光軸方向にのみ作用するため選択中心波長に影響を与えることはない。

【0035】支持部71、72は一端を固定部81、82により基台9に固定されており、他端は回折格子3の裏面より回折格子3を回折格子3の裏面上でXの間隔を隔てて支持している。固定部81および82から回折格子3を支持する長尺方向の長さは支持部71の方が支持部72よりも長くその差は $\delta L$ とすれば、周囲温度が $\delta T$ 上昇すると回折格子3は相対的に

【0036】

【数6】

$$\delta\phi = \alpha \cdot \delta L \cdot \delta T / X$$

【0037】をみたす $\delta\phi$ の角度だけ図3で時計回りに回転する。この $\delta\phi$ が(数5)の $\delta\theta$ と等しくすることにより温度変動に対する選択中心波長のシフトを相殺することができる。

【0038】例えばガラス基板製の回折格子を用い、 $1.3\text{ }\mu\text{m}$ 帯で、格子間隔 $1.3\text{ }\mu\text{m}$ の回折格子を想定すると、支持部にアルミニウムを用いた場合にはXを $5\text{ m}$ 、長さの差 $\delta L$ を $1.1\text{ mm}$ 程度とすれば波長シフトを相殺することができる。

【0039】本実施例では2つの支持部を設けたが、図4に示すように支持部71のみとし、回折格子3を図1の支持部72で支持される部位を固定部83により基台9に固定し、支持部71により回折格子3を相対的に時計回りに回転させるようになることができる、この場合は支持部の長さ自体を $\delta L$ とすることによって同様の効果が得られ、かつ支持部自体を小型化できる。

【0040】また図3では支持部に同一素材の支持部を設けたが図5に示すように異なる素材を用いて一端を固定部84で基台9に固定された支持部73(線膨張係数 $\alpha_1$ 、長さ $L_1$ )及び固定部85で一端を固定された支持部74(線膨張係数 $\alpha_2$ 、長さ $L_2$ )を配置することによって(数6)は、

【0041】

【数7】

持部75、76は一端を固定部86、87により基台9に固定されている。支持部75の他端は光入出力部51の裏面より上側の側面より支持し、支持部76の他端は光入出力部51の支持部75の支持点と対向し、Xだけ離れた位置で支持している。固定部86および87から光入出力部51を支持する長尺方向の長さをそれぞれ $L_1$ 、 $L_2$ とすれば、周囲温度が $\delta T$ 上昇すると光入出力部

6は相対的に  
【0043】

$$\delta \phi = \sigma \cdot (L_1 + L_2) \cdot \delta T / X$$

【0014】をみたすらの角度だけ図6で時計回りに回転する様な移動が生じる。この $\delta\phi$ が(数5)の $\delta\theta$ と等しくすることにより温度変動に対する選択中心波長のシフトを相殺することができる。

【0015】例えばガラス基板製の回折格子を用い、  
1.3 $\mu\text{m}$ 帯で、格子間隔1.3 $\mu\text{m}$ の回折格子を想定すると、支持部にアルミニウムを用いた場合にはXを1.0 mm、2つの支持部の長さの和を2.2 mm程度とすれば波長シフトを相殺することができる。

【0016】本実施例では2つの支持部を設けたが、図7に示すように支持部7.5のみとし、光入出力部6を図6の支持部7.6で支持される部位を固定部8.8により基台9に固定し、支持部7.5により光入出力部6を相対的に時計回りに回転させるようにすることができる、この場合は支持部の長さ自体を1.1のみとすることによって同様の効果が得られ、かつ支持部自体を小型化できる。

【0017】また図6では支持部に同一素材の支持部を設けたが図8に示すように異なる素材を用いて一端を固定部8.6で基台9に固定された支持部7.5(線膨張係数 $\alpha_1$ 、長さ $L_1$ )及び固定部8.9で一端を固定された支持部7.7(線膨張係数 $\alpha_2$ 、長さ $L_2$ )を光入出力部6の同じ側面上に配置することによって(数7)で表される角度 $\delta\phi$ で相対的に時計回りに回転し、温度補償の設計の自由度が増すこととなる。

【0018】次に光フィルタに用いる回折素子について図9に構成図を示してその一実施例について説明する。回折素子1.0.4は基板1.0.1に凹凸形状を有する格子層1.0.2及び凹凸形状面上に設けた反射膜1.0.3で構成されている。格子層1.0.2は基板1.0.1の厚さに比べ十分に薄い膜厚(1/500以下)で密着配置されている。基板の材質には線膨張係数の小さいものを用いている。

【0019】このような構成により周囲の温度変動に対する格子間隔の変動が、格子層1.0.2の厚さが薄いために基板の線膨張係数に起因する変動に抑えられる。例えば厚さ2 mm程度の耐熱ガラス(線膨張係数 $2.8 \times 10^{-6}$ )を基板とし、格子層として露光して凹凸形状を有した2 $\mu\text{m}$ 程度の膜厚のフォトレジスト層で構成し反射膜は0.2 $\mu\text{m}$ 以内の金属膜とすれば回折素子自体の等価線膨張係数はほぼ基板の線膨張係数と同じとなる。

【0020】図10に上述した回折素子1.0.4を用いた光フィルタの一実施例を示す。この場合温度変動に対する中心波長変動は、1.3 $\mu\text{m}$ 帯で、格子間隔1.3 $\mu\text{m}$ の回折格子を想定すると、30度温度変化すると約0.1 nm以内となり、温度補償を行わなくとも通過帯域1 nm以内の狭帯域フィルタを構築して十分使用可能なもの

\* 【数8】

8

のとすることができる。

【0021】なおこれまでの実施例では単に回折格子としたが、フーリエ回折格子を用いることによりモジュールとして低損失で、偏光依存性の小さくすことができる。

【0022】

【発明の効果】以上のように本発明は回折格子型の光フィルタ自体の持つ温度特性、即ち周囲温度の変動に対する選択中心波長の変動を低減あるいは相殺して安定な受動モジュール構成とすることができる

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例における光フィルタの基本構成図

【図2】本発明の第2の実施例における光フィルタの基本構成図

【図3】本発明の第1の実施例における光フィルタの温度補償機構の第1の構成例を示す図

【図4】本発明の第1の実施例における光フィルタの温度補償機構の第2の構成例を示す図

【図5】本発明の第1の実施例における光フィルタの温度補償機構の第3の構成例を示す図

【図6】本発明の第2の実施例における光フィルタの温度補償機構の第1の構成例を示す図

【図7】本発明の第2の実施例における光フィルタの温度補償機構の第2の構成例を示す図

【図8】本発明の第2の実施例における光フィルタの温度補償機構の第3の構成例を示す図

【図9】本発明の一実施例における光フィルタに用いる回折素子の構成図

【図10】本発明の一実施例における図9の回折素子を用いた光フィルタの構成図

【図11】従来の光フィルタの基本構成図

【図12】従来の光フィルタの選択中心波長の温度変動を表す概念図

【符号の説明】

- 1 入出力ファイバ
- 2 受光ファイバ
- 3 回折格子
- 4, 6 温度補償機構部
- 5, 5.1 光入出力部
- 7.1 ~ 7.7 支持部
- 8.1 ~ 8.9 固定部
- 9 基台
- 10.1 基板
- 10.2 格子層

(6)

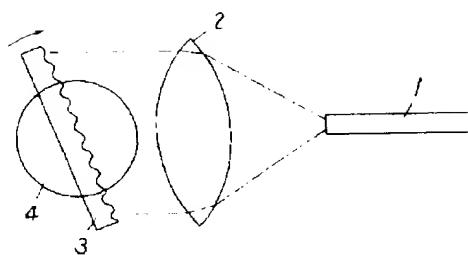
特開平6-331850

103 反射膜

9

【図1】

1 入出力ファイバ  
2 レンズ  
3 回折格子  
4 溫度補償機構

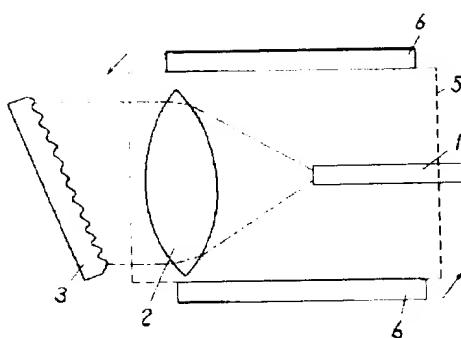


104 回折素子

10

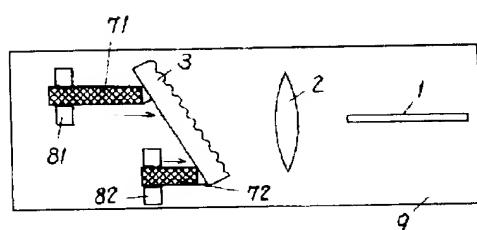
【図2】

5 光入出力部  
6 溫度補償機構



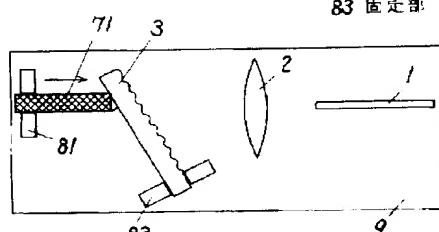
【図3】

9 基台  
71, 72 支持部  
81, 82 固定部



【図4】

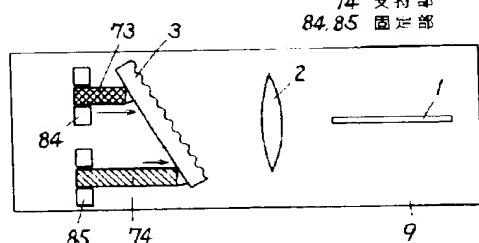
83 固定部



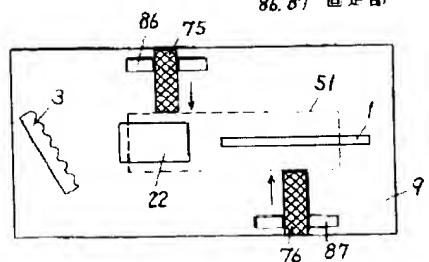
【図5】

【図5】

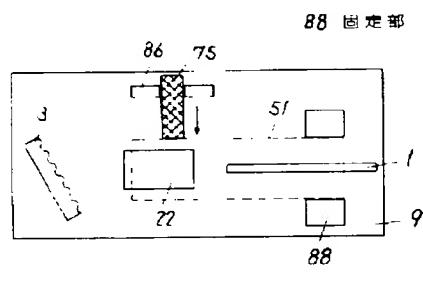
74 支持部  
84, 85 固定部



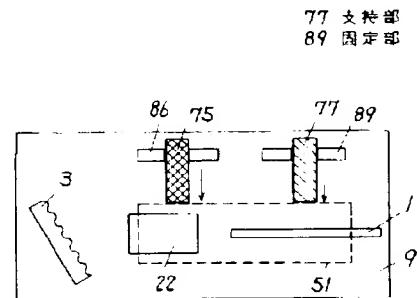
21 レンズ  
51 光入出力部  
75, 76 支持部  
86, 87 固定部



【図7】

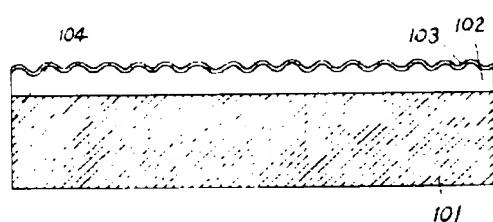


【図8】

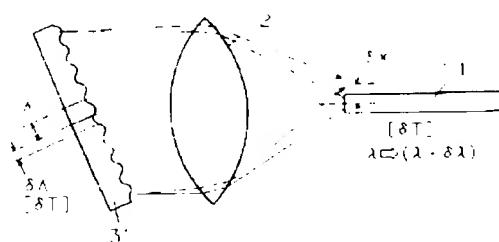


【図9】

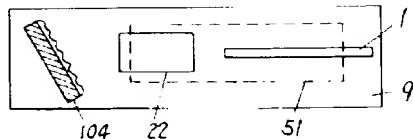
101 基板  
102 凸山形状刻印層  
103 反射膜  
104 同歩電子



【図11】



【図10】



【図12】

